

Sudaryanto & Suherman/ Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan Jilid 18 No.2 (2008) 61-68.

Degradasi Kualitas Airtanah Berdasarkan Kandungan Nitrat di Cekungan Airtanah Jakarta

Sudaryanto dan Dadan Suherman

ABSTRACT *At the present time, more than 13 millions people live in Jakarta Area and it will increase in the near future. This population pressure increases the groundwater abstraction in the area and can cause groundwater, either quality or quantity, problems. The quality decreasing is marked by the appearance of some pollutants, such as nitrate pollutant which is produced by human activity, i.e. domestic waste, garbage leaching, and fertilizer over used.*

The analysis result of nitrate (NO_3) content in groundwater was varied from 0.00 to 79,737 mg/l. The high content of nitrate were found in dug well of unconfined aquifer, while in the groundwater of confined aquifer the nitrate content is relatively low, < 4 mg/l. It is concluded that the presentation of those pollutant is caused by poor sanitation system and the presentation of nitrate pollutant is very much connected with un-control groundwater abstraction either for domestic or industry use.

Keywords : Groundwater, Nitrate, Pollutant, Jakarta Groundwater Basin

Naskah masuk: 10 September 2008

Naskah diterima: 30 November 2008

Sudaryanto

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung - 40135

Email: sudaryanto@geotek.lipi.go.id

Dadan Suherman

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung - 40135

Email: dadan.suherman@geotek.lipi.go.id

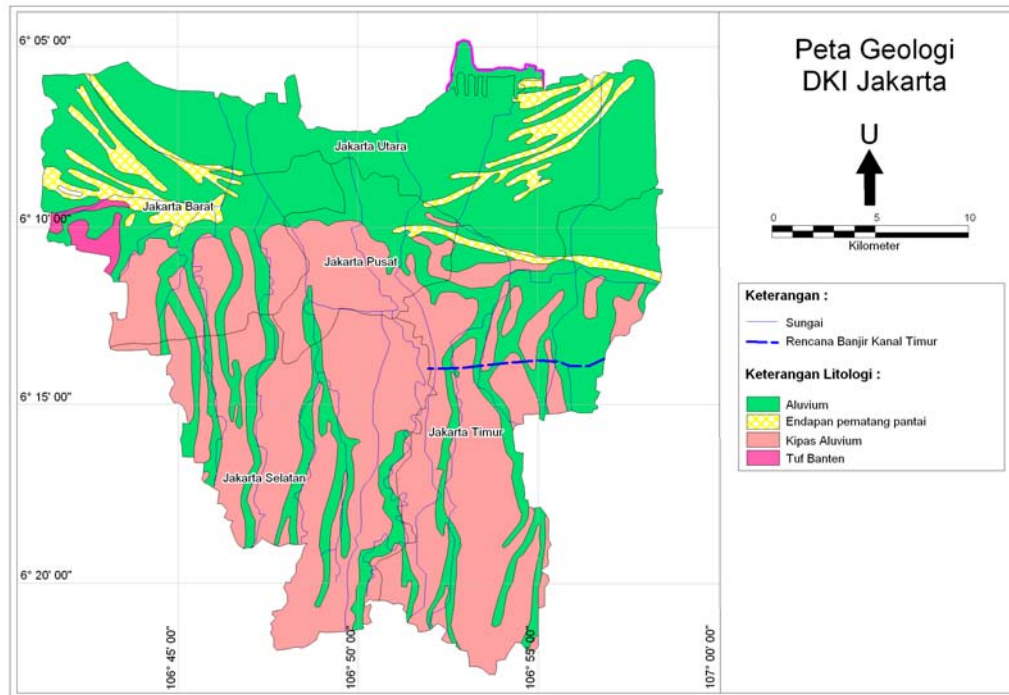
ABSTRAK Pada saat ini, wilayah DKI Jakarta di huni oleh lebih dari 13 juta penduduk dan cenderung bertambah di tahun-tahun mendatang. Pertambahan penduduk tersebut telah mengakibatkan terjadinya perubahan kondisi airtanah baik kuantitas maupun kualitas. Penurunan kualitas airtanah ditandai dengan terdeteksinya kehadiran beberapa polutan diantaranya polutan nitrat, yang sangat berhubungan dengan kegiatan manusia seperti pembuangan limbah domestik, pelindian TPA, dan penggunaan pupuk yang berlebihan.

Analisis kandungan nitrat (NO_3^-) pada airtanah memberikan hasil yang sangat beragam mulai 0,00 – 79, 737 mg/l. Nitrat yang cukup tinggi terdapat di sumur gali pada akuifer tidak tertekan, sedangkan pada akuifer tertekan kandungan nitrat masih sangat rendah (< 4 mg/l). Disimpulkan bahwa kehadiran polutan dalam airtanah disebabkan oleh sanitasi atau sistem buangan limbah yang kurang baik dan kehadiran polutan nitrat menunjukkan adanya keterkaitan dengan pemanfaatan airtanah yang tidak terkendali, baik untuk rumah tangga maupun untuk industri.

Kata kunci : airtanah, nitrat, polutan, cekungan airtanah Jakarta

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk yang sangat tinggi setiap tahunnya di Wilayah DKI Jakarta akan mengakibatkan pemanfaatan airtanah cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Menurut Hadipurwo (2000) kebutuhan akan air bersih sekitar 30 % dipenuhi oleh PDAM sedangkan sisanya (70%) masih mengandalkan potensi air-



Gambar 1. Peta Geologi Wilayah DKI Jakarta (Effendi 1998, Sundana & Achmad 1972, Turkandi dkk 1992).

tanah. Kondisi tersebut telah menimbulkan penurunan muka airtanah bahkan pada tempat-tempat tertentu telah menimbulkan kerucut depresi airtanah dan kualitas airtanah semakin lama semakin buruk.

Meningkatnya pengambilan airtanah yang tidak terkendali telah memicu munculnya polutan dalam airtanah di wilayah DKI Jakarta. Kehadiran nitrat dalam airtanah disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pembuangan limbah domestik, penggunaan pupuk buatan dan pelindian dari tempat pembuangan akhir. Disamping itu dipicu pula oleh perubahan pola aliran airtanah yang semula merupakan daerah resapan berubah menjadi daerah luhan, karena terjadinya penurunan muka airtanah dan terjadinya perubahan tekanan hidrostatik yang menyebabkan migrasinya polutan bersama airtanah ke dalam akifer (Lubis, dkk, 2007).

Untuk itu diperlukan suatu penelitian guna mengetahui seberapa besar kandungan nitrat terutama pada sistem akuifer, dengan melakukan pengambilan contoh air dari sumur penduduk dan sumur dalam. Penelitian ini dilakukan dengan mengkaitkan jumlah penduduk dan geologi setempat dengan besaran kandungan nitrat di Jakarta sehingga dapat diketahui sejauh mana kegiatan manusia telah mempengaruhi kondisi kualitas airtanah.

Lubis (2007) menyatakan bahwa di Jakarta bagian tengah dan utara telah terjadi pengambilan airtanah yang tidak terkendali, akibatnya telah terjadi penurunan muka airtanah setiap tahunnya, adanya perubahan pola aliran daerah resapan berubah menjadi daerah luhan, terjadinya perubahan kualitas seperti intrusi air laut dan meningkatnya polutan dalam airtanah. Meningkatnya polutan nitrat salah satunya dise-

babkan tidak adanya sistem sanitasi yang baik di Jakarta sehingga air limbah seluruhnya dibuang ke sungai. Hanya sekitar 2 % air limbah di Jakarta mengalir ke instalasi pengolahan air limbah, yang hanya melayani gedung perkantoran dan sejumlah perumahan. Menurut Setiawan (2005), bahwa sekitar 39% warga Jakarta memiliki septik tank (*septic tank*), dan 20 % menggunakan lubang WC biasa (*pit latrines*) dan sisanya 40 % dibuang ke sungai. Permasalahannya adalah seberapa besar kandungan nitrat dan seberapa luas sebarannya di dalam airtanah ?

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan polutan nitrat dalam airtanah di Wilayah DKI Jakarta. Untuk dapat melakukan penelitian tersebut perlu dilakukan pendataan dan pengukuran lapangan antara lain kondisi muka airtanah, analisa kimia kandungan nitrat di dalam airtanah, selanjutnya dicari hubungan antara daerah yang telah terdegradasi maupun yang belum dikaitkan dengan kondisi lingkungan dan geologi setempat.

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk menentukan, asal atau sumber penurunan (degradasi) kualitas airtanah akibat kandungan nitrat pada airtanah di cekungan airtanah Wilayah DKI Jakarta dan membantu memecahkan masalah pengelolaan sumberdaya airtanah di cekungan airtanah Jakarta.

DAERAH PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di wilayah bagian utara pulau Jawa, yaitu di DKI Jakarta. Daerah penelitian merupakan cekungan airtanah yang dikenal sebagai Cekungan Airtanah Jakarta. Sistem akuifer Jakarta bersifat "multi layers" yang dibentuk oleh endapan Kuartar dengan ketebalan mencapai sekitar 250 m. Ketebalan akuifer tunggal (*single aquifer layer*) antara 1 - 5 m terutama berupa lanau sampai pasir halus. Geologi daerah penelitian, susunan satuan batuan berdasarkan peta geologi Effendi (1998), Sundana dan Achmad (1972), Turkandi dkk (1992) dapat diuraikan sebagai berikut (Gambar 1):

- a. Tuf Banten yang berumur Pliosen, disusun oleh tufa, tufa batupapung, batupasir tufan.

- b. Endapan Kipas Aluvial terdiri dari tufa halus berlapis, tufa pasir berselingan dengan konglomerat.
- c. Endapan Pematang pantai disusun oleh pasir halus hingga kasar dengan cangkang moluska, terdapat menyebar dibagian utara yang polanya hampir sejajar dengan garis pantai.
- d. Endapan Aluvial Tua terdiri dari batupasir konglomerat dan batulanau. Batuan ini ditutupi oleh endapan aluvial sungai yang terdiri dari lempung, pasir, kerikil, kerakal dan bongkah. Fraksi kasar umumnya alur-alur sungai di bagian selatan. Sedangkan fraksi halus di daerah dataran Jakarta dengan tambahan adanya sisa-sisa tumbuhan pada kedalaman tertentu.

Cekungan Airtanah Jakarta, telah diteliti diantaranya oleh Soekardi dan Purbo-Hadiwidjono (1975), Turkandi (1992), Assegaf (1998), Harsolumakso (2001), Fachri (2002). Tatanan sistem akuifer yang dianut oleh berbagai penelitian airtanah di Wilayah Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta mengacu pada Soekardi (1986) adalah sebagai berikut :

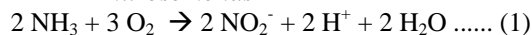
- Kelompok akuifer airtanah bebas (kedalaman 0 – 40 meter)
- Kelompok akuifer airtanah tertekan atas (kedalaman 40 – 140 meter)
- Kelompok akuifer airtanah tertekan bawah (kedalaman 140 – 250 meter)

TINJAUAN PUSTAKA

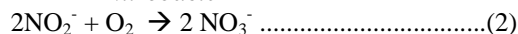
Peningkatan pengambilan airtanah yang tidak terkendali telah menimbulkan dampak berupa munculnya polutan (zat pencemar) pada airtanah di wilayah DKI Jakarta. Menurut Notodarmojo (2005), polutan merupakan zat kimia (cair, padat, maupun gas), berasal dari alam yang kehadirannya dipicu oleh kegiatan manusia dan telah diidentifikasi mengakibatkan efek yang buruk bagi kehidupan manusia atau lingkungan. Tang *et.al* (2004), menyatakan bahwa polutan di dalam airtanah dengan sebaran tinggi di kota-kota besar di dunia adalah nitrat dan nitrit. Nitrat (NO_3^-) adalah bentuk senyawa utama nitrogen di dalam airtanah dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat

sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Effendi, 2003). Nitrat merupakan salah satu parameter pencemar yang berasal dari limbah domestik (rumah tangga). Ammoniak (NH_3) yang dihasilkan dari limbah tersebut melalui bakteri diubah menjadi nitrat dengan reaksi nitrifikasi. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen. Oksidasi ammoniak menjadi nitrit ditunjukkan dalam persamaan reaksi (1) dan oksidasi nitrit menjadi nitrat ditunjukkan dalam persamaan reaksi (2).

Nitrosomonas



Nitrobacter



Kadar nitrat yang tinggi dapat bersifat toksik dan dapat mengganggu kesehatan manusia. Menurut Notodarmojo (2005), standar maksimum kandungan nitrogen-nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dalam air minum adalah 10 mg/l (45 mg/l bila dinyatakan sebagai nitrat). Konsentrasi nitrat yang tinggi bagi kesehatan terutama bagi bayi dapat menyebabkan apa yang disebut *blue baby*, yaitu terjadinya warna kebiru-biruan pada bayi karena kekurangan oksigen. Selain itu, kandungan nitrat yang tinggi juga mempunyai peran penting dalam pembentukan senyawa yang dapat menyebabkan penyakit kanker.

Menurut Hammer & MacKichan (1981), tingginya konsentrasi nitrat di daerah perkotaan disebabkan oleh besarnya masukan limbah rumah tangga (limbah domestik), yang dipengaruhi dengan tingkat kepadatan septik tank. Keberadaan nitrat dalam airtanah disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penggunaan pupuk buatan, pelindian dari tempat pembuangan akhir. Pemicu dapat pula oleh perubahan pola aliran airtanah terutama kasus di daerah DKI Jakarta yang semula merupakan daerah resapan berubah menjadi daerah luhan yang diakibatkan oleh pengambilan airtanah yang tidak terkendali, sehingga terjadi penurunan muka airtanah dan terjadinya perubahan tekanan hidrostatik yang menyebabkan migrasinya polutan bersama airtanah ke dalam akifer (Lubis,

dkk, 2007). Untuk itu guna mengetahui tingkat pencemaran polutan airtanah yang telah terjadi, terutama keberadaan polutan nitrat diperlukan penelitian.

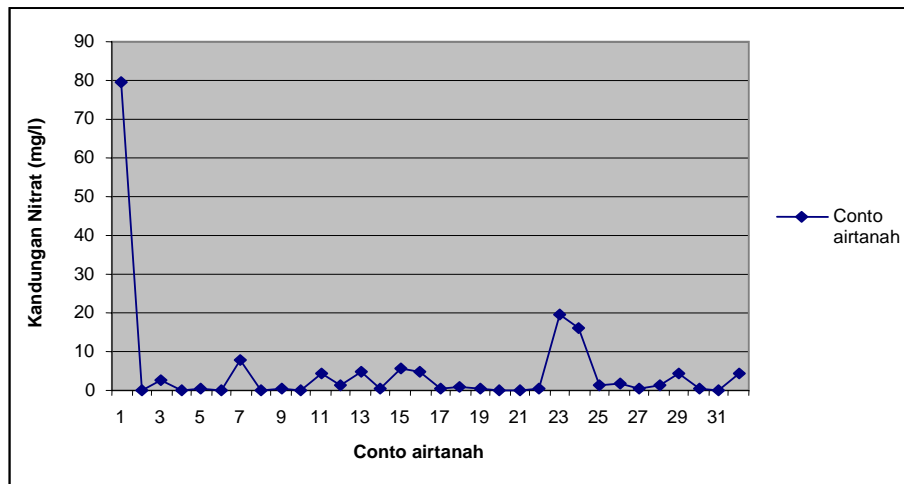
METODA

Titik pengambilan conto air tanah di sumur gali, sumur produksi dan sumur pantau yang tersebar di cekungan air tanah di Wilayah DKI Jakarta. Tahapan berikutnya dilakukan pengambilan data dan pengambilan conto, dengan tahapan sebagai berikut : (1) Melakukan kompilasi data jumlah sumur gali, sumur produksi dan sumur pantau yang diambil contohnya dan kedalaman muka airtanah. (2) Pengambilan conto airtanah untuk diukur sifat fisik (DHL), kimia (pH dan kandungan nitrat) dan isotop stabil ^{18}O . (3) Melakukan pengolahan data, sehingga dapat dihasilkan sebagai dasar dalam penentuan daerah mana yang telah mengalami degradasi airtanahnya.

Pengambilan data primer yaitu data secara langsung dilakukan pengukuran di tempat lokasi penelitian. Data yang diambil mencakup data kondisi lingkungan sumur gali, sumur pantau dan sumur produksi dan pengambilan conto airtanah. Airtanah yang diambil dibedakan dua macam, yaitu airtanah yang berasal dari akuifer tidak tertekan dan airtanah tertekan. Untuk conto airtanah tidak tertekan diambil dari sumur-sumur gali atau pantek, sedangkan untuk airtanah tertekan diambil dari sumur-sumur dalam baik sumur produksi maupun sumur pantau. Pengambilan conto airtanah pada setiap sumur dengan menggunakan tabung sampel air (*water sampler vertical*), untuk menentukan posisi digunakan GPS (*Global Positioning System*). Jumlah seluruh conto airtanah adalah 32, dan peta lokasi pengambilan conto airtanah tercantum pada Gambar 3. Analisa conto airtanah dilakukan analisa kimia kandungan polutan nitrat, dengan dengan alat spektrofotometer sinar tampak, Shimazu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran dan pengambilan sampel di lapangan dihasilkan data sesuai dengan



Gambar 2. Grafik kandungan nitrat pada conto airtanah di Wilayah DKI Jakarta

rencana penelitian yang telah direncanakan. Pengukuran dan pengambilan conto dilakukan pada airtanah tidak tertekan dan airtanah tertekan yang tersebar di Wilayah DKI Jakarta, yaitu pada sumur dangkal dan sumur dalam dengan jumlah 32 conto. Hasil analisa conto airtanah kandungan nitrat (NO_3^-) tertera di Gambar 2, untuk nitrit (NO_2^-) tidak dianalisa karena nitrit akan segera mengalami perubahan menjadi nitrat.

Tingginya Nitrat di perkotaan disebabkan oleh besarnya masukan limbah rumah tangga yang dipengaruhi oleh tingkat kepadatan rumah-rumah penduduk, umur suatu pemukiman dimana berlaku semakin tua umur suatu pemukiman semakin besar konsentrasi nitrat di kawasan tersebut. Seiring dengan kecepatan pembangunan di Wilayah DKI Jakarta dan jumlah penduduk 13.161.197 jiwa tahun 2006 dan akan meningkat setiap tahunnya, mengakibatkan pemanfaatan airtanah cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Analisa nitrat dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar kandungan nitrat dan sebarannya yang ada di dalam airtanah di Wilayah DKI Jakarta, karena nitrat merupakan salah satu jenis polutan yang

menurunkan kualitas airtanah dan dapat memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia.

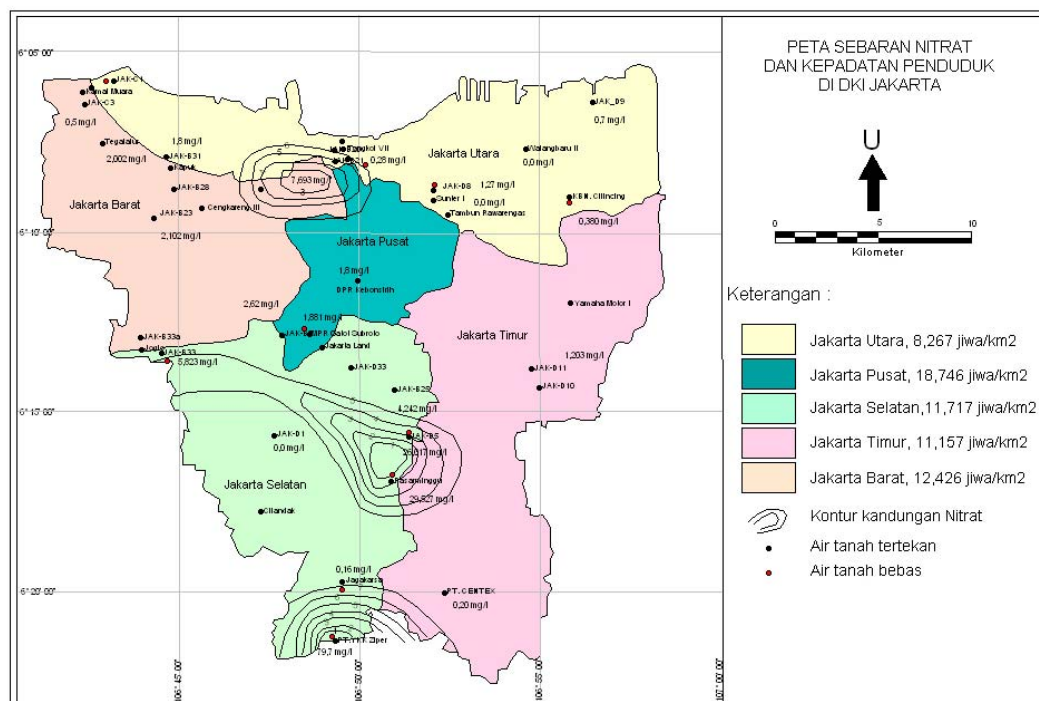
Dari hasil analisa sebaran nitrat Gambar 2 menunjukkan bahwa kandungan nitrat pada airtanah sangat beragam mulai dari 0.00 sampai dengan 79,737 mg/l. Kandungan nitrat pada airtanah di sumur gali tertinggi 79,737 mg/l dengan pH 3,88 pada kedalaman 5 mdmt (meter dari muka tanah) ditemui di daerah perbatasan antara DKI Jakarta dengan Kotamadya Depok dan telah melebihi ambang batas, sehingga sangat membahayakan bagi manusia yang mengkonsumsi untuk air minum atau memasak. Berikutnya kandungan nitrat yang cukup tinggi terdapat pada airtanah di sumur gali Kramat Jati 19,52 mg/l pada kedalaman 20 mdmt dan di sumur gali Pasar Minggu sebesar 16,017 mg/l pada kedalaman 21 mdmt yang ketiga lokasi ini posisinya pada akuifer bebas. Gambar 3 memberikan gambaran bahwa kandungan nitrat yang cukup tinggi terdapat pada airtanah di sumur-sumur gali dibandingkan dengan kandungan nitrat pada airtanah di sumur-sumur produksi maupun di sumur-sumur pantau. Kandungan nitrat pada sumur produksi maupun

sumur pantau rendah ($< 4,568$ mg/l) ini menunjukkan bahwa airtanahnya belum terpengaruh oleh limbah rumah tangga dan keberadaan nitrat dalam airtanah disebabkan oleh mineral-mineral yang terdapat pada akuifer.

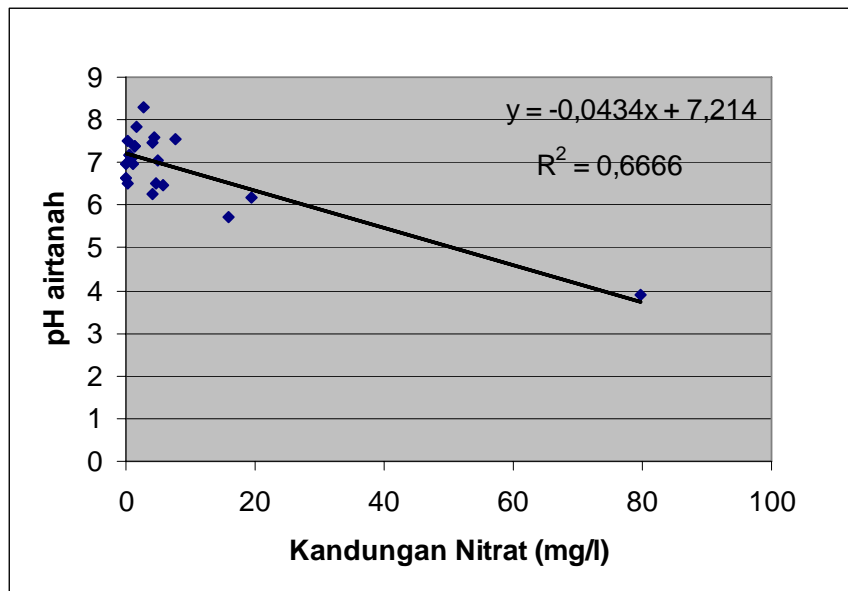
Berdasarkan sebaran penduduk di DKI Jakarta Gambar 3 kepadatan penduduk terpadat di Jakarta Pusat 18.746 jiwa/ km^2 , berikutnya Jakarta Barat 12.426 jiwa/ km^2 , Jakarta Selatan 11.676 jiwa/ km^2 , Jakarta Timur 11.157 jiwa/ km^2 dan Jakarta Utara 8.267 jiwa/ km^2 (BPS, 2003). Bila mengacu kepadatan penduduk berkaitan dengan limbah domestik yang dihasilkan, seharusnya Jakarta Pusat menghasilkan limbah domestik tertinggi dan akan menghasilkan nitrat tinggi, tetapi justru di wilayah ini kandungan nitrat kecil.

Kandungan nitrat tinggi posisinya berada di Jakarta Selatan/Depok dan di Jakarta Timur dengan jumlah jiwa per km^2 yang lebih kecil dibandingkan dengan Jakarta Pusat. Hasil ini

menunjukkan bahwa pada kandungan nitrat pada airtanah di sumur gali dipengaruhi oleh adanya aktivitas manusia disekitarnya yang menghasilkan limbah rumah tangga terutama dari septik tank yang meresap masuk ke dalam airtanah dengan sanitasi yang kurang baik, sedangkan di Jakarta Pusat yang merupakan kota lama mempunyai sanitasi dan drainase yang cukup baik. Disamping itu sifat fisik batuan di wilayah DKI Jakarta bagian selatan merupakan endapan kipas aluvial yang terdiri dari tufa halus berlapis, tufa pasir berselingan konglomerat yang mempunyai porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan seperti Jakarta pusat yang didominasi endapan aluvium batupasir halus dan batulanau yang mempunyai porositas lebih rendah. Kondisi ini salah satu penyebab sehingga polutan di Jakarta bagian selatan lebih mudah meresap ke dalam airtanah dibandingkan di Jakarta bagian Utara.



Gambar 3. Peta Sebaran Nitrat dan Kepadatan penduduk di Wilayah DKI Jakarta



Gambar 4. Hubungan antara Kandungan Nitrat dengan pH airtanah di DKI Jakarta

Meresapnya polutan nitrat ke dalam airtanah pada akuifer tidak tertekan berkaitan pula dengan asal daerah resapan airtanah di daerah tersebut yang berasal dari lokasi itu sendiri dan sekitarnya. Lokasi asal daerah resapan tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Geyh (1989) dengan pelacak ^{14}C dan ^{18}O yang menyatakan bahwa untuk akuifer tidak tertekan di wilayah cekungan airtanah Jakarta resapan airtanah berasal dari daerah setempat.

Hubungan antara kandungan nitrat dalam airtanah (mg/l) dengan pH Gambar 4, memberikan gambaran ada hubungan yang cukup kuat antara keduanya. Hal ini menunjukkan bahwa pH air memberikan indikator awal adanya polutan nitrat di dalam airtanah, bahwa semakin besar kandungan nitrat dalam air pH air akan semakin kecil. Dari hasil pengukuran pH pada 31 titik pengukuran mempunyai pH 5,73 – 8,67 dan 1 titik pengukuran mempunyai pH 3,88. Hal ini dapat dijelaskan bahwa proses nitrifikasi terjadi di 31 titik pengukuran, karena proses nitrifikasi

berjalan optimum pada pH 8 – 9 dan pada pH < 6 reaksi akan berhenti. Sedangkan untuk satu titik pada pH 3,88 bila dilihat dari pH di lokasi ini telah terjadi denitrifikasi, dari proses ini menghasilkan gas nitrogen.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian bahwa polutan nitrat menunjukkan bahwa di beberapa tempat telah mempengaruhi kualitas airtanah di Wilayah DKI Jakarta. Hal ini terlihat dari analisa kimia yang menunjukkan bahwa airtanah sebagian telah terpengaruh nitrat yang cukup tinggi seperti di Pasar Minggu, Kramat jati dan di perbatasan Jakarta Depok telah mencapai diatas ambang batas. Dari hasil bahasan menunjukkan bahwa kehadiran polutan disebabkan oleh sanitasi atau sistem buangan limbah yang kurang baik, sehingga menunjukkan bahwa kontribusi terbesar sumber asal nitrat berasal dari buangan limbah domestik melalui saluran air.

Polutan nitrat juga menunjukkan keterkaitan dengan kepadatan penduduk yang memanfaatkan airtanah dengan tidak terkendali, baik untuk rumah tangga maupun untuk industri yang menyebabkan menurunnya muka airtanah. Karena Wilayah DKI Jakarta adalah daerah resapan, pengambilan airtanah melalui sumur gali maupun sumur dalam di daerah ini telah memicu terjadinya perubahan tekanan hidrostatik dan menyebabkan terjadinya migrasi polutan nitrat (limbah domestik) ke akuifer airtanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Robert M Delinom dan Dr. R. Fajar Lubis atas diskusi dan masukan selama penyusunan tulisan ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada seluruh rekan-rekan yang telah banyak membantu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asseggaf, A., 1998. *Hidrodinamika Airtanah Alamiah Cekungan Jakarta*, Tesis Magister, Dep. Teknik Geologi ITB, tidak diterbitkan.
- Effendi, A.C., Kusnama, dan Hermanto, B. 1998. *Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa, P3G*, Bandung.
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Fachri, M., Djuhaeni, Hutasoit, L.M., Ramdhan, A., M. 2002. *Stratigrafi dan Hidrostratigrafi Cekungan Airtanah Jakarta*, Buletin Geologi, V.34, n.3, h.169-189.
- Geyh, M.A. 1989. Groundwater Analysis of Environmental Carbon and Other Isotopes From the Jakarta basin Aquifer, Indonesia. Radiocarbon, Vol.31.
- Hadipurwo, S dan Hadi, S. 2000. *Konservasi Airtanah Daerah Jakarta-Bogor*, Departemen ESDM, Dir.Jen. Geologi dan sumberdaya Mineral, Dir. Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Harsolumakso, A.H. 2001. *Tinjauan Struktur Geologi terhadap Daerah Genangan*, Kumpulan Makalah Seminar Sehari : Tinjauan Geologi Terhadap Daerah Genangan di Wilayah Propinsi DKI Jakarta.
- Hammer, M.J., & MackKichan K.A. 1981. *Hydrology and Quality of Water Resources*, John Wiley & Sons Inc., Singapore.
- Lubis, R F, & Sakura, Y. 2007. *Human Impact on Groundwater Environment in the Jakarta Groundwater Basin, Indonesia*. RIHN, Kyoto.
- Notodarmojo, S. 2005. *Pencemaran Tanah dan Airtanah*, Penerbit ITB, Bandung.
- Soekardi. P dan Purbohadiwidjoyo, M.M. 1975. *Cekungan Artosis Jakarta*, Geologi Indonesia, Jurnal 2 No.1, Bandung .
- Soekardi, P. 1986. *Peta Hidrologi Indonesia Skala 1:250.000. Lembar Jakarta*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Setiawan.D.R. 2005. *Pelayanan Air Minum Jakarta dan Pencemaran Air. Kampanye dan Pengkampanye Isu Air, Pangan dan Keberlanjutan*. <http://www.walhi.or.id> (diakses , 11 Juli 2007) 3 hal.
- Tang, C, Azuma. K, Iwami. Y. 2004. *Nitrate Behaviour in the Groundwater of Headwater Wetland*, Chiba, Japan. Hydrological Processes, Published online Wiley InterScience.
- Turkandi.T, Sidarto, Agustyanto,D.A, dan Hadiwidjoyo, M.M. 1992. *Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu*, Jawa, P3G, Bandung.